

LIGHT EMITTING DIODE

Publication number: JP2003174195 (A)

Publication date: 2003-06-20

Inventor(s): SUGIO YOSHIHIKO; SUZUKI FUMIO

Applicant(s): ABEL SYSTEMS INC

Classification:

- international: *H01L29/41; H01L33/00; H01L29/40; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00; H01L29/41*

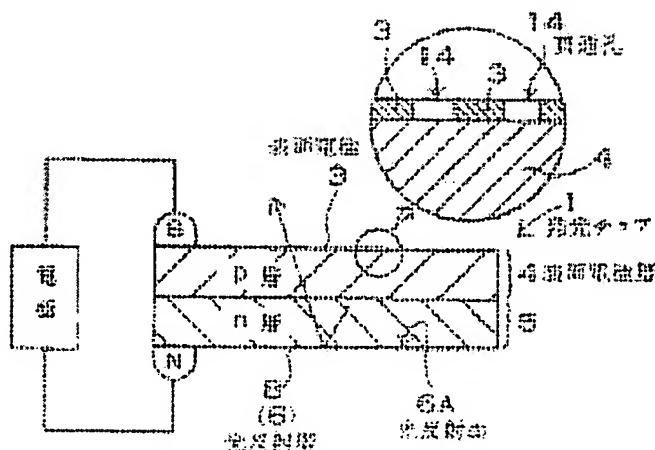
- European:

Application number: JP20010374936 20011207

Priority number(s): JP20010374936 20011207

Abstract of JP 2003174195 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the supply voltage of a light emitting diode while efficiently deriving the emission of an emission chip to the outside. ; **SOLUTION:** The light emitting diode comprises an emission chip 1 having a surface electrode 3 at the first surface side, and a light-reflecting layer 6 that is provided at the second surface side that is located on the opposite-side surface that opposes the first surface side of the emission chip 1. The surface electrode 3 is a metal electrode layer for reflecting light on the inner surface, and a plurality of through holes 14 for passing light are provided on the surface electrode 3. The light emitting diode transmits the light of the emission chip from the through holes 14 to the surface side of the surface electrode 3 by reflecting it by the light reflection layer 6. ; **COPYRIGHT:** (C) 2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-174195

(P2003-174195A)

(43) 公開日 平成15年6月20日 (2003.6.20)

(51) IntCl.⁷

H 0 1 L 33/00

29/41

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

29/44

データベース(参考)

E 4 M 1 0 4

F 5 F 0 4 1

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-374936(P2001-374936)

(22) 出願日 平成13年12月7日(2001.12.7)

(71) 出願人 500404258

アーベル・システムズ株式会社

京都府京都市西京区大枝北杵掛町二丁目3
番地の16

(72) 発明者 杉尾 嘉彦

大阪府四條畷市旧原台三丁目30番18号

(72) 発明者 鈴木 文雄

京都府京都市西京区大枝北杵掛町二丁目3
番地の16

(74) 代理人 100074354

弁理士 豊栖 康弘 (外1名)

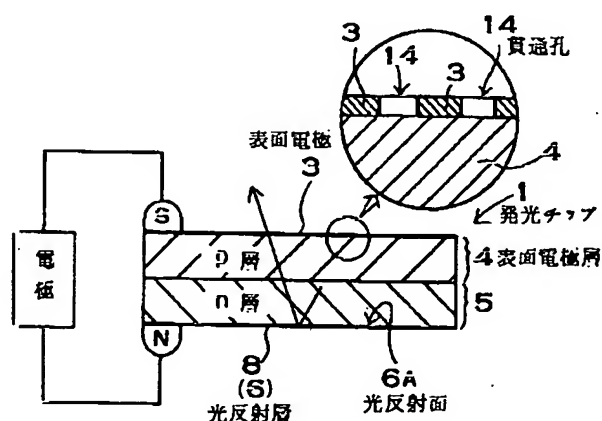
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光ダイオード

(57) 【要約】

【課題】 発光チップの発光を効率よく外部に取り出し
ながら、発光ダイオードの供給電圧を低くする。

【解決手段】 発光ダイオードは、第1の面側に表面電
極3を有する発光チップ1と、この発光チップ1の第1
の面側と対向する反対側の面にある第2の面側に設けら
れてなる光反射層6とを有する。表面電極3は、内面で
光を反射させる金属電極層で、この表面電極3に光を透
過できる複数の貫通孔14を設けている。発光ダイオ
ードは、発光チップの光を光反射層6で反射させながら貫
通孔14から表面電極3の表面側に透過させている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の面側に表面電極(3)を有する発光チップ(1)と、この発光チップ(1)の第1の面側と対向する反対側の面にある第2の面側に設けられてなる光反射層(6)とを有する発光ダイオードであって、表面電極(3)が内面で光を反射させる金属電極層で、この表面電極(3)に光を透過できる複数の貫通孔(14)を設けており、発光チップ(1)の光を光反射層(6)で反射させながら貫通孔(14)から表面電極(3)の表面側に透過させるようにしてなる発光ダイオード。

【請求項2】 貫通孔(14)が円形、楕円形、多角形のいずれかで、その最小幅が発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/10$ よりも大きい請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項3】 貫通孔(14)が円形、楕円形、多角形のいずれかで、その最小幅が発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/5$ よりも大きい請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項4】 貫通孔(14)が円形、楕円形、多角形のいずれかで、その最小幅が発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/2$ よりも大きい請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項5】 貫通孔(14)が円形、楕円形、多角形のいずれかで、その最小幅が発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ よりも大きい請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項6】 発光チップ(1)をホルダーに固定して、このホルダーに光反射層(6)を設けている請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項7】 発光チップ(1)の第2の面側に光反射層(6)を積層して固定している請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項8】 光反射層(6)の光反射面(6A)が凹凸面である請求項1に記載される発光ダイオード。

【請求項9】 表面電極(3)の開口率が20～80%である請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項10】 表面電極(3)の開口率が30～70%である請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項11】 表面電極(3)の開口率が40～60%である請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項12】 第1の面側に表面電極(3)を有する発光チップ(1)と、この発光チップ(1)の第1の面側と対向する反対側の面にある第2の面側に設けられてなる光反射層(6)とを有する発光ダイオードであって、表面電極(3)が内面で光を反射させる金属電極層で、この表面電極(3)に光を透過できる複数の貫通孔(14)を設けると共に、貫通孔(14)をスリットとしており、光反射層(6)は光反射面(6A)を凹凸面として、発光チップ(1)の光を光反射層(6)で反射させながらスリットの貫通孔(14)から偏光して表面電極(3)の表面側に透過させるよう

にしてなる発光ダイオード。

【請求項13】 表面電極(3)の貫通孔(14)がスリットで、このスリット幅(H)が発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/10$ 以上である請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項14】 表面電極(3)の貫通孔(14)がスリットで、このスリット幅(H)が発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/5$ 以上である請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項15】 表面電極(3)の貫通孔(14)がスリットで、このスリット幅(H)が発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/2$ 以上である請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項16】 表面電極(3)の貫通孔(14)がスリットで、このスリットの長さ(W)がスリット幅(H)よりも大きく、かつ発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/2$ よりも大きい請求項13ないし15のいずれかに記載の発光ダイオード。

【請求項17】 表面電極(3)の貫通孔(14)がスリットで、このスリットの長さ(W)がスリット幅(H)よりも大きく、かつ発光チップ(1)の発光波長のピーク波長 λ よりも大きい請求項13ないし15のいずれかに記載の発光ダイオード。

【請求項18】 表面電極(3)の貫通孔(14)がスリットで、このスリットの長さ(W)がスリット幅(H)の2倍よりも大きい請求項16または17に記載の発光ダイオード。

【請求項19】 発光チップ(1)をホルダーに固定して、このホルダーに光反射層(6)を設けている請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項20】 発光チップ(1)の第2の面側に光反射層(6)を積層して固定している請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項21】 表面電極(3)の開口率が20～80%である請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項22】 表面電極(3)の開口率が30～70%である請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項23】 表面電極(3)の開口率が40～60%である請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項24】 スリットの貫通孔(14)に誘電体アンテナ(2)を設けている請求項12に記載の発光ダイオード。

【請求項25】 発光チップ(1)の表面半導体層(4)の表面から内部に向かって誘電体アンテナ(2)を設けている請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項26】 発光チップ(1)の表面半導体層(4)の表面から突出して誘電体アンテナ(2)を設けている請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項27】 発光チップ(1)の表面半導体層(4)をエッチングし、エッチングされた部分に誘電体を充填して

誘電体アンテナ(2)を設けている請求項25または26に記載される発光ダイオード。

【請求項28】 表面電極(3)の貫通孔(14)から表面半導体層(4)にイオンを注入して、貫通孔(14)に対応する表面半導体層(4)の表面部分に誘電体アンテナ(2)を設けている請求項25に記載される発光ダイオード。

【請求項29】 発光チップ(1)と光反射層(6)との間に蛍光体層(9)を備える請求項1または12に記載される発光ダイオード。

【請求項30】 蛍光体層(9)が、青色の発光を赤色または黄色に波長変換する請求項29に記載される発光ダイオード。

【請求項31】 発光チップ(1)と光反射層(6)との間に非線形光学材料層(11)を備える請求項1または12に記載される発光ダイオード。

【請求項32】 発光チップ(1)が窒化ガリウム系化合物半導体層を積層してなる発光チップである請求項1または12に記載される発光ダイオード。

【請求項33】 誘電体アンテナ(2)の高さ(T)が発光チップ(1)の最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5~5倍で、最小幅(D)が高さの0.5~2倍で、隣接する誘電体アンテナ(2)の間隔(L)が最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5~10倍である請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項34】 誘電体アンテナ(2)の高さ(T)が0.5~5 μm である請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項35】 誘電体アンテナ(2)が多角柱状、円柱状、楕円柱状のいずれかである請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項36】 誘電体アンテナ(2)が、平面形状を細長い長方形とする角柱状、あるいは平面形状において両端を円弧状とする細長い形状の柱状である請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項37】 誘電体アンテナ(2)が、多層の誘電体膜(10)で形成されてなる請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項38】 誘電体アンテナ(2)を形成している誘電体の誘電率が1.1~10である請求項24に記載される発光ダイオード。

【請求項39】 誘電体アンテナ(2)を形成している誘電体の誘電率(ϵ_1)と表面半導体層(4)の誘電率(ϵ_2)の比(ϵ_1/ϵ_2)が1.1~10である請求項24に記載される発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発光チップの光を有効に透過させると共に、表面電極の電気抵抗を小さくでき、さらに、偏光した光を効率よく出すことができる発光ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】発光ダイオードの電極構造を図1と図2に示す。図1の発光ダイオードは、発光チップ20の両面に一對の電極21を設けている。一對の電極21を電源に接続すると発光チップ20は発光する。この発光チップ20は、電極21に電圧が供給されると、電極間に電流が流れて発光する。図において、上面の電極は透明電極21Aで、発光チップ20の発光を透過させる。図2の発光チップ20は、下面のn層にボンディング電極21Bを設けて、上面の電極を透明電極21Aとしている。この発光チップ20は、n層と透明電極21Aに電圧を印加して発光させる。発光チップ20の発光は、透明電極20Aを透過して外部に照射される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】透明電極は、光を透過させる必要があるため、ITO等の透光性と導電性のある電極が使用される。ITO等の透明電極は、比抵抗が高いために内部抵抗が大きく、発光ダイオードの供給電圧を高くする。透明電極は、発光チップを低い電圧で発光させるためには、電気抵抗を小さくする必要がある。しかしながら、電気抵抗の小さい透明電極は、光の透過率が悪くなって発光出力を低下させる。理想的な透明電極は、電気抵抗が小さくて、光の透過率が高いものである。しかしながら、透明電極の電気抵抗と光の透過率は互いに相反する特性であって、両方を満足することが難しい。このことは、透明電極のコストを高くして、発光ダイオードの製造コストを高くする原因ともなっている。現実の発光ダイオードは、透明電極の光の透過率が低下すると発光出力が低下してしまうので、透明電極の光透過率を高くするために、電気抵抗を大きくせざるを得ない。このことが、発光ダイオードの供給電圧を低くするのを難しくしている。

【0004】本発明は、従来のこのような欠点を解決することを目的に開発されたもので、従来の構造とは全く異なる構造によって、発光チップの発光を効率よく外部に取り出しながら、発光ダイオードの供給電圧を低くできる発光ダイオードを提供することを目的とする。さらに、本発明の第2の目的は、偏光した光を効率よく出すことができる発光ダイオードを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1の発光ダイオードは、第1の面側に表面電極3を有する発光チップ1と、この発光チップ1の第1の面側と対向する反対側の面にある第2の面側に設けられてなる光反射層6とを有する。表面電極3は、内面で光を反射させる金属電極層で、この表面電極3に光を透過できる複数の貫通孔14を設けている。発光ダイオードは、発光チップの光を光反射層6で反射させながら貫通孔14から表面電極3の表面側に透過させている。

【0006】貫通孔14は、円形、楕円形、多角形のいずれかとすることができる。さらに、貫通孔14は、そ

の最小幅を、発光チップの発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/10$ よりも大きく、好ましくは、 $\lambda/5$ よりも大きく、より好ましくは、 $\lambda/2$ よりも大きく、最適にはピーク波長 λ よりも大きくする。

【0007】本発明の請求項12の発光ダイオードは、第1の面側に表面電極3を有する発光チップ1と、この発光チップ1の第1の面側と対向する反対側の面にある第2の面側に設けられてなる光反射層6とを有する。表面電極3は、内面で光を反射させる金属電極層で、この表面電極3に光を透過できる複数の貫通孔14を設けており、この貫通孔14をスリットとしている。光反射層6は、光反射面6Aを凹凸面としている。発光ダイオードは、発光チップ1の光を光反射層6で反射させながらスリットの貫通孔14から偏光して表面電極3の表面側に透過させている。

【0008】スリットの貫通孔14は、そのスリット幅(H)を、発光チップ1の発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/10$ 以上、好ましくは $\lambda/5$ 以上、より好ましくは $\lambda/2$ 以上とする。さらに、スリットの貫通孔14は、スリットの長さ(W)をスリット幅(H)よりも大きくすると共に、スリットの長さ(W)を発光チップの発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/2$ よりも大きく、より好ましくは、ピーク波長 λ よりも大きくする。スリットの貫通孔14は、好ましくは、スリットの長さ(W)をスリット幅(H)の2倍よりも大きくする。

【0009】発光ダイオードは、発光チップ1をホルダーに固定して、このホルダーに光反射層6を設けることができる。さらに、発光ダイオードは、発光チップの第2の面側に光反射層6を積層して固定することができる。光反射層6の光反射面6Aは、凹凸面とすることができる。表面電極3は、開口率を20～80%、好ましくは30～70%、より好ましくは40～60%とすることができる。

【0010】さらに、本発明の発光ダイオードは、スリット状の貫通孔14に誘電体アンテナ2を設けることができる。この発光ダイオードは、誘電体アンテナ2で貫通孔14付近の光を集めて貫通孔14を透過させるので、光をより効率よく表面電極3の表面側に透過させる。誘電体アンテナ2は、発光チップ1の表面半導体層4の表面から内部に向かって設けることができる。誘電体アンテナ2は、発光チップ1の表面半導体層4の表面から突出して設けることもできる。

【0011】発光ダイオードは、発光チップ1の表面半導体層4をエッチングし、エッチングされた部分に誘電体を充填して誘電体アンテナ2を設けることができる。さらに、発光ダイオードは、表面電極3の貫通孔14から表面半導体層4にイオンを注入して、貫通孔14に対応する表面半導体層4の表面部分に誘電体アンテナ2を設けることができる。

【0012】発光ダイオードは、発光チップ1と光反射

層6との間に蛍光体層9を設けることができる。この蛍光体層9は、好ましくは、青色の発光を赤色または黄色に波長変換する。さらに、発光ダイオードは、発光チップ1と光反射層6との間に非線形光学材料層11を設けることができる。さらに、発光ダイオードは、発光チップ1を、窒化ガリウム系化合物半導体層を積層してなる発光チップとすることができる。

【0013】誘電体アンテナ2は、好ましくは、高さ(T)を発光チップ1の最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5～5倍とし、最小幅(D)を高さの0.5～2倍とし、隣接する誘電体アンテナ2の間隔(L)を最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5～10倍とする。誘電体アンテナ2の高さ(T)は、好ましくは、0.5～5 μm とする。誘電体アンテナ2は、多角柱状、円柱状、楕円柱状のいずれか、あるいは、平面形状を細長い長方形とする角柱状、あるいは平面形状において両端を円弧状とする細長い形状の柱状とすることができる。

【0014】誘電体アンテナ2は、多層の誘電体膜10で形成することができる。誘電体アンテナ2を形成している誘電体の誘電率は、好ましくは、1.1～10とする。誘電体アンテナ2を形成している誘電体の誘電率(ϵ_1)と表面半導体層4の誘電率(ϵ_2)の比(ϵ_1/ϵ_2)は、1.1～10とすることができる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施例は、本発明の技術思想を具体化するための発光ダイオードを例示するものであって、本発明は発光ダイオードを下記のものに特定しない。

【0016】さらに、この明細書は、特許請求の範囲を理解し易いように、実施例に示される部材に対応する番号を、「特許請求の範囲の欄」、および「課題を解決するための手段の欄」に示される部材に付記している。ただ、特許請求の範囲に示される部材を、実施例の部材に特定するものでは決してない。

【0017】図3と図4に示す発光ダイオードは、発光チップ1の表面側である第1の面側に表面電極3を配設して、裏面側に光反射層6を設けている。表面電極3は内面で光を反射させる金属電極層で、複数の貫通孔14を開孔して、この貫通孔14に光を透過させる。したがって、本発明の発光ダイオードは、表面電極3に透光性が要求されない。透光性のない表面電極3は金属電極層である。金属電極層は、電気抵抗を極めて小さくできるので、大電流を均一に流すことができる。また、ジュール熱による発熱を少なくできる。この表面電極3は、たとえば、金、アルミニウム、銅、銀等の金属薄膜とすることができる。ただ、表面電極3として、光をわずかに透過させる金属電極層も使用できるのは言うまでもない。

【0018】表面電極3の貫通孔14は、図5ないし図

7に示すように、円形、楕円形、多角形等の形状とする。ただし、これらの図は、貫通孔14をわかりやすくするために、表面電極3をクロスハッチングで表している。貫通孔14の最小幅は、たとえば発光チップの発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/10$ よりも大きく、好ましくは $\lambda/5$ よりも大きく、さらに好ましくは $\lambda/2$ よりも大きく、最適には λ よりも大きくする。それは、貫通孔14に発光ダイオードの発光を効率よく透過させるためである。ただ、貫通孔14が大きすぎると、表面電極3に多数の貫通孔14を設けることができなくなって、表面電極3でもって均一に電流を流すことができなくなる。したがって、貫通孔14は、表面電極3に10個以上、好ましくは50個以上、最適には100個以上設けることができる大きさとする。

【0019】表面電極3は、内面で光を反射して、貫通孔14から光を外部に放射させる。したがって、表面電極3は、貫通孔14の開口率を大きくして、光の透過率を高くできる。ただ、貫通孔14の開口率を大きくすると、表面電極3の実質的な電気抵抗が増加する。したがって、貫通孔14の開口率は、たとえば20~80%、好ましくは30~70%、さらに好ましくは40~60%とする。

【0020】図8に示す表面電極3は、貫通孔14をスリットとしている。スリットは、特定の方向に振動する光を効率よく透過させる。したがって、表面電極3にスリットの貫通孔14を設けている発光ダイオードは、偏光した光を発光できる。この図も、貫通孔14をわかりやすくするために、表面電極3をクロスハッチングで表している。

【0021】スリット状の貫通孔14は、スリット幅(W)を発光チップの発光波長のピーク波長 λ の $\lambda/10$ 以上、好ましくは $\lambda/5$ 以上、さらに好ましくは $\lambda/2$ とする。スリット幅が $\lambda/10$ より狭いと、発光チップの発光を透過できなくなる。貫通孔14は、スリットの長さ(L)をスリット幅(W)よりも大きくして、偏光した光を効率よく透過させる。スリットの長さ(L)は、発光チップの発光を効率よく透過させるために、発光チップの波長のピーク波長 λ の $\lambda/2$ よりも大きく、好ましくは λ よりも大きくする。

【0022】表面電極3に貫通孔14を設けている発光ダイオードは、図4に示すように、貫通孔14に誘電体アンテナを設け、あるいは図3に示すようにアンテナを設けることなく、貫通孔14に光を透過させる。誘電体アンテナ2を設けた発光ダイオードと誘電体アンテナのない発光ダイオードは、表面電極3の内面と光反射層6とで光を反射させながら、貫通孔14から外部に放出する。

【0023】さらに、図3と図4に示す発光ダイオードの発光チップ1は、表面電極3と対向する位置に光反射層6を設けている。光反射層6は、金属製の電極、ある

いは電極でない金属層を発光チップ1の裏面半導体層5に設けて形成できる。図3に示す発光チップ1は、裏面半導体層5の下面に裏面電極8を設けて光反射層6としている。この光反射層6は、裏面電極8の表面を光反射面6Aとしている。さらに、図4に示す発光チップ1は、発光チップ1の裏面半導体層5に金属薄膜を配設して光反射層6を設けている。光反射層6である金属薄膜は、裏面半導体層5と基板13との間に積層している。この光反射層6も、裏面半導体層5との境界面である表面を光反射面6Aとしている。さらに、発光ダイオードは、発光チップをホルダーに固定し、このホルダーに光反射層を設けることもできる。

【0024】光反射層6は、光反射面6Aを凹凸面としている。とくに、貫通孔14をスリットとする発光ダイオードは、光反射面6Aを凹凸面とする。光を反射して偏光方向を種々の方向とするためである。貫通孔14を円形ないし多角形として、光を偏光させないで透過させる発光ダイオードは、光反射層6の光反射面6Aを平滑面とすることもできる。

【0025】光反射層6は、図3と図4に示すように、発光チップ1から下方に照射される光を、図の矢印で示すように、光反射面6Aで反射する。反射光は貫通孔14を透過して発光チップ1の外部に放射される。貫通孔14を通過しない光は、表面電極3と光反射層6Aでの反射を繰り返して、貫通孔14から外部に照射される。貫通孔14に誘電体アンテナ2を設けている発光ダイオードは、貫通孔14付近の光を集めて貫通孔14に透過させる。このため、実質的には貫通孔14を大きくしたのと同じ作用で、光をより効率よく表面電極3に透過できる。

【0026】光反射層は、必ずしも金属薄膜とする必要はなく、誘電率の異なる材料を交互に積層した多層膜光反射層とすることもできる。この多層膜光反射層は、たとえば、AlGaInとGaInを交互に積層して形成される。多層膜光反射層である光反射層は、高い反射率で光を反射できるので、基板側へ光の漏れを低減できる。

【0027】さらに、図9に示す発光ダイオードの発光チップ1は、光反射層6と裏面半導体層5との間に蛍光体層9を備える。この図に示す発光チップ1は、裏面半導体層5の下面に基板13を積層しており、この基板13の下面に蛍光体9を介して光反射層6を積層している。この蛍光体層9は、発光チップ1の発光を波長変換する蛍光体を含有している。この発光ダイオードは、発光チップ1の発光を蛍光体層9で波長変換しながら誘電体アンテナ2から外部に透過させる。とくに、この発光ダイオードは、表面電極3の下面と光反射層6の反射面6Aとで反射される反射光が蛍光体層9を繰り返し通過するので、効率よく波長変換しながら外部に照射できる特長がある。蛍光体層9は、たとえば、青色の発光を赤色または黄色に波長変換させる蛍光体を含有することが

できる。

【0028】表面電極3の貫通孔14は、誘電体アンテナ2を設けることにより、開口率を低くして光の透過率を高くできる。誘電体アンテナ2は、貫通孔14に連結して設けられる。誘電体アンテナ2は、発光チップ1の最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5～5倍の高さ(T)で、最小幅(D)を高さ(T)の0.5～2倍とし、さらに、隣接する誘電体アンテナ2間の間隔(L)を最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5～10倍とする。さらに、好ましくは、隣接する誘電体アンテナ2の間隔(L)は、誘電体アンテナの高さ(T)の0.5～10倍とする。

【0029】誘電体アンテナ2の高さ(T)を最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5～5倍とするのは、最大ピーク波長 λ_{\max} に比較して短すぎても、反対に長すぎても、電磁波である光を受信する感度が低下するからである。また、誘電体アンテナ2の最小幅(D)も、狭すぎても広すぎても電磁波である光の受信感度が低下し、さらに、隣接する誘電体アンテナ2の間隔(L)も、狭すぎても広すぎても受信感度が低下する。最大ピーク波長 λ_{\max} を約0.5 μm とする発光チップ1に設ける誘電体アンテナ2は、高さ(T)を最大ピーク波長 λ_{\max} の0.5～5倍とする場合、誘電体アンテナ2の高さ(T)は、0.25～2.5 μm となる。

【0030】誘電体アンテナ2は、図10に示すように多角柱とし、あるいは図11に示すように、円柱状とし、あるいはまた、図示しないが楕円柱状とすることもできる。さらに、図12と図13に示すように、誘電体アンテナ2は、平面形状を細長い長方形とする角柱状とすることもできる。また、図14に示すように、平面形状において両端を円弧状とする細長い形状の柱状とすることもできる。ただし、これらの図は、誘電体アンテナ2の形状をわかりやすくするために、誘電体アンテナ2の間に配設される表面電極3を取り除いた状態を示している。実際には、誘電体アンテナ2は、図3と図4の拡大断面図に示すように、表面電極3が設けられる。さらに、以上の図の誘電体アンテナ2は先端を平面状としているが、図示しないが、誘電体アンテナは先端を湾曲面とすることもできる。

【0031】誘電体アンテナ2は、無機や有機の誘電体で製作される。誘電体は、誘電率を1.1～10とする材質が適している。さらに、誘電体アンテナ2を形成する誘電体の誘電率(ϵ_1)と表面半導体層4の誘電率(ϵ_2)の比(ϵ_1/ϵ_2)は、1.1～10とすることができる。無機の誘電体としてガラス、SiO₂、Al₂O₃等が使用できる。有機の誘電体として、ポリプロピレン、ポリエチレン、フッ素樹脂等が使用できる。

【0032】誘電体アンテナ2は、発光チップ1の表面をエッチングして、エッチングした部分に誘電体を充填して形成できる。図15は、発光チップ1に誘電体アンテナ2を設ける工程を示す。図15の(1)に示す発光

チップ1は、表面半導体層4にオーミック接触して表面電極3を設けている。発光チップ1は、両面に電圧を加えると発光する発光ダイオードのチップで、pn接合の半導体である。発光チップ1のpn接合は、必ずしも1層のp層と、1層のn層とを積層した層構造ではない。p層とn層は、複数の層構成とすることもある。発光チップ1は、発光ダイオードの発光色によってpn接合の半導体と層構造が特定される。たとえば、青色発光、緑色発光、白色発光の発光ダイオードには、窒化ガリウム系化合物半導体層の発光チップが使用される。

【0033】発光チップ1は、図15の(2)に示すように、表面電極3と表面半導体層4をエッチングして、誘電体アンテナ2を設ける凹部7を設ける。図に示す発光チップ1は、エッチングによって、表面電極3を貫通する貫通孔14を開くと共に、この貫通孔14に対向する表面電極層4の表面部分を切欠して凹部7を設けている。その後、図15の(3)に示すようにエッチングしてできた貫通孔14と凹部7に誘電体を充填して誘電体アンテナ2を設ける。

【0034】図15の発光チップ1は、誘電体アンテナ2の先端面と表面電極3の表面とをほぼ同一平面として発光チップ1の表面を平滑面としている。ただ、誘電体アンテナの先端面と表面電極の表面は、必ずしも同一平面とする必要はなく、多少は凹凸のある凹凸面とすることもできる。誘電体アンテナは、その先端面を、表面電極の表面よりも多少は低くすることも、逆に高くして表面電極の表面から突出させることもできる。誘電体アンテナの先端面が表面電極の表面よりも低く成形される発光チップは、図16に示すように、表面電極3の貫通孔14に充填される誘電体の量を少なく調整して製造される。

【0035】誘電体アンテナの先端面が表面電極の表面から突出して成形される発光チップは、図17に示す工程で製造される。図17の(1)に示す発光チップ1は、表面半導体層4にオーミック接触して表面電極3を設けている。この発光チップ1は、図17の(2)に示すように、表面電極3と表面半導体層4をエッチングして、誘電体アンテナ2を設ける貫通孔14と凹部7を設ける。次に、図17の(3)に示すように、表面電極3および表面電極層4の表面に誘電体膜12を積層して設ける。その後、図17の(4)に示すように、表面電極3の上面に設けられた誘電体膜12をエッチングして取り除き、表面電極3から突出する誘電体アンテナ2を形成する。誘電体アンテナ2の表面電極3からの突出量は、誘電体膜12の厚さで調整できる。

【0036】誘電体アンテナの先端面が表面電極の表面から突出して成形される発光チップは、図18に示すように、表面電極3のみをエッチングして誘電体アンテナ2を設けることもできる。この発光チップ1は、表面半導体層4にオーミック接触して表面電極3を設けた後、

表面電極3をエッチングして貫通孔14を設ける。次に、表面電極3および表面電極層4の表面に誘電体膜12を積層して設ける。その後、表面電極3の上面に設けられた誘電体膜12をエッチングして取り除き、表面電極3から突出する誘電体アンテナ2を形成する。ただ、表面電極を形成する工程においては、リフトオフ法によって表面電極に貫通孔14を形成することもできる。

【0037】以上の発光チップは、表面電極3の貫通孔14を貫通して、あるいは、貫通孔14の内部に誘電体アンテナ2を設けている。ただ、発光チップ1は、図9に示すように、表面電極3に開口された貫通孔14に対向する位置であって、発光チップ1の表面半導体層4の表面から内部に向かって誘電体アンテナ2を設けることもできる。この発光ダイオードは、発光チップ1内の発光を誘電体アンテナ2で集光すると共に、表面電極3の貫通孔14を通過させて表面電極3の表面側に透過させる。

【0038】図9に示す発光チップ1は、図19に示す工程で誘電体アンテナ2を設けることができる。この発光チップ1は、図19の(2)に示すように、表面半導体層4をエッチングして、誘電体アンテナ2を設ける領域を除去して凹部7を設ける。その後、図19の(3)に示すように、エッチングしてできた表面電極層4の凹部7に誘電体を充填して誘電体アンテナ2を形成する。次に、図19の(4)に示すように、リフトオフ法によって、誘電体アンテナ2間に表面電極3を形成する。このとき、表面電極3は、誘電体アンテナ2に位置して貫通孔14が開口された状態に形成される。

【0039】さらに、図9に示す発光チップ1は、図20に示す工程で、表面電極3の貫通孔14に対向する位置に誘電体アンテナ2を設けることもできる。この発光チップ1は、図20の(2)に示すように、表面電極3をエッチングして、表面電極3を貫通する貫通孔14を開口する。このとき、表面電極層4の表面部分はエッチングされない。ただ、表面電極の貫通孔14は、リフトオフ法によって形成することもできる。さらに、表面電極3の貫通孔14にイオン注入を行って、図20の(3)に示すように、表面半導体層4の誘電率を部分的に高くさせて誘電体アンテナ2を成形する。貫通孔14に注入されるイオンには、ヒ素、ガリウム、アルミニウム等のイオンが使用できる。貫通孔14から注入されるイオンは、表面半導体層4である半導体を変質させて誘電率を高くさせる。

【0040】さらに、発光チップは、図19または図20に示す工程で、表面半導体層4の表面から内部に向かって誘電体アンテナ2を設けた後、さらに、表面電極3に開口された貫通孔14から突出する誘電体アンテナ2を形成することもできる。この発光チップは、図21に示すように、表面半導体層4の表面に形成された誘電体アンテナ2と、表面電極3の表面に誘電体膜12を積層

して設けた後、表面電極3の上面に設けられた誘電体膜12をエッチングして取り除き、表面電極3から突出する誘電体アンテナ2を形成する。この誘電体アンテナは、好ましくは、先の工程で表面半導体層4に形成された誘電体アンテナ2の誘電率よりも、貫通孔14から突出して形成される誘電体アンテナ2の誘電率を高くする。

【0041】以上の工程で、発光チップ1は、誘電体アンテナ2の間に表面電極3が配設される。誘電体アンテナ2は、表面電極3の貫通孔14に対向する位置に設けられる。この構造で発光チップ1に設けられた誘電体アンテナ2は、その周囲に入射する光を集光して表面電極3の表面側に透過させる。誘電体アンテナ2が周囲の光を集光するので、誘電体アンテナ2の間に、光を透過させない表面電極3を設けても、表面電極3によって光の透過率は低下しない。

【0042】さらに、本発明の発光ダイオードは、図22に示すように、誘電体アンテナ2を多層の誘電体膜10で成形することもできる。この構造の誘電体アンテナ2は、誘電体膜10の材質と厚さと積層数を特定することによって、所定の波長の光の透過を抑制することができる。この誘電体アンテナ2は、たとえば、青色の透過光の強度を抑制させるように誘電体膜10の材質と厚さと積層数を調整して、青色の反射率を高めることができる。さらに、この図に示す発光ダイオードは、図9に示す発光ダイオードと同様に、光反射層6と裏面半導体層5との間に蛍光体層9を設けているので、誘電体膜10で反射される青色の発光を、蛍光体層9でより効率よく赤色または黄色に波長変換できる特長がある。

【0043】さらにまた、図23に示す発光ダイオードは、光反射層6と裏面半導体層5との間に非線形光学材料層11を備える。この図に示す発光チップ1は、裏面半導体層5の下面にガラス基板13を積層しており、このガラス基板13の下面に非線形光学材料層11を介して光反射層6を積層している。非線形光学材料層11は、非線形光学効果によって、光の波長や周波数を変換させる。非線形光学材料層11は、ここを通過する光の周波数を高周波に変換させて、より短波長の光を取り出すことができる。とくに、この発光ダイオードは、表面電極3の下面と光反射層6の光反射面6Aとで反射される反射光が繰り返し非線形光学材料層11を通過するので、効率よく周波数変換できる特長がある。非線形光学材料層11には、たとえば、ADP、KDP、BBO等が使用できる。

【0044】

【発明の効果】本発明の発光ダイオードは、発光チップの発光を効率よく外部に取り出しながら、発光ダイオードの供給電圧を低くできる優れた特長がある。それは、本発明の発光ダイオードが、発光チップの第1の面側に金属電極層である表面電極を、反対側の第2の面側に光

反射層を設けており、この表面電極に複数の貫通孔を設けて、発光チップの光を光反射層で反射させながら貫通孔から表面電極の表面側に透過させているからである。この発光ダイオードは、表面電極の内面と光反射層で反射される光を貫通孔から外部に放出するので、表面電極を透光性のない金属電極層としても、発光チップの光を表面側に透過できる。このため、比抵抗が高くて内部抵抗が大きく、しかも高価な透明電極を使用することなく、発光チップの発光を効率よく外部に取り出しできる。したがって、本発明の発光ダイオードは、表面電極の電気抵抗を小さくして、低い供給電圧で発光チップを発光できると共に、発光ダイオードの製造コストを低減して、安価に多量生産できる。

【0045】さらに、本発明の請求項12の発光ダイオードは、偏光した光を効率よく出すことができる特長がある。それは、この発光ダイオードが、表面電極に設けた複数の貫通孔をスリットとすると共に、光反射層の光反射面を凹凸面としており、発光チップの光を光反射層で反射させながら、スリットの貫通孔から偏光して表面電極の表面側に透過させているからである。とくに、本発明の請求項24の発光ダイオードは、スリットの貫通孔に誘電体アンテナを設けているので、偏光した光をさらに効率よく出すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の発光ダイオードの電極構造を示す概略断面図

【図2】従来の他の発光ダイオードの電極構造を示す概略断面図

【図3】本発明の一実施例の発光ダイオードの電極構造を示す一部拡大断面図

【図4】本発明の他の実施例の発光ダイオードの電極構造を示す一部拡大断面図

【図5】表面電極の貫通孔の一例を示す平面図

【図6】表面電極の貫通孔の他の一例を示す平面図

【図7】表面電極の貫通孔の他の一例を示す平面図

【図8】表面電極の貫通孔の他の一例を示す平面図

【図9】本発明の他の実施例の発光ダイオードの電極構造を示す拡大断面図

【図10】誘電体アンテナの一例を示す拡大断面斜視図

【図11】誘電体アンテナの他の一例を示す拡大断面斜視図

【図12】誘電体アンテナの他の一例を示す拡大断面斜

視図

【図13】誘電体アンテナの他の一例を示す拡大断面斜視図

【図14】誘電体アンテナの他の一例を示す拡大断面斜視図

【図15】表面電極の貫通孔に誘電体アンテナを設ける工程を示す断面図

【図16】表面電極の貫通孔に誘電体アンテナを設ける工程の他の一例を示す断面図

【図17】表面電極の貫通孔に誘電体アンテナを設ける工程の他の一例を示す断面図

【図18】表面電極の貫通孔に誘電体アンテナを設ける工程の他の一例を示す断面図

【図19】表面電極の貫通孔に誘電体アンテナを設ける工程の他の一例を示す断面図

【図20】表面電極の貫通孔に誘電体アンテナを設ける工程の他の一例を示す断面図

【図21】表面電極の貫通孔に誘電体アンテナを設ける工程の他の一例を示す断面図

【図22】本発明の他の実施例の発光ダイオードの電極構造を示す一部拡大断面図

【図23】本発明の他の実施例の発光ダイオードの電極構造を示す拡大断面図

【符号の説明】

1…発光チップ

2…誘電体アンテナ

3…表面電極

4…表面電極層

5…裏面半導体層

6…光反射層

6A…光反射面

7…凹部

8…裏面電極

9…蛍光体層

10…誘電体膜

11…非線形光学材料層

12…誘電体膜

13…基板

14…貫通孔

20…発光チップ

21…電極

21A…透明電極

21B…ボンディング

フロントページの続き

Fターム(参考) 4M104 BB02 BB04 BB08 BB09 CC01
DD68 DD91 FF02 FF11 GG02
GG04 HH16
5F041 AA03 AA08 CA12 CA93 CA98
CA99 CB15 CB36